

12

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: 85105665.5

51 Int. Cl.⁴: B 23 H 7/04

22 Anmeldetag: 09.05.85

30 Priorität: 11.05.84 CH 2351/84
 28.05.84 DE 3419943

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
 13.11.85 Patentblatt 85/46

84 Benannte Vertragsstaaten:
 CH DE FR GB IT LI LU SE

71 Anmelder: AG für industrielle Elektronik AGIE Losone
 bei Locarno

CH-6616 Losone(CH)

72 Erfinder: Kilcher, Beat
 Via Ronco 13
 CH-6611 Arcegno(CH)

72 Erfinder: Bühler, Ernst
 Salita degli Orti 5
 CH-6616 Losone(CH)

74 Vertreter: EGLI-EUROPEAN PATENT ATTORNEYS
 Widenmayerstrasse 5
 D-8000 München 22(DE)

54 Verfahren und Vorrichtung zur elektroerosiven Bearbeitung von Werkstücken.

57 Bei einem Verfahren und einer Vorrichtung zur elektroerosiven Bearbeitung von Werkstücken (101) mit Hilfe einer Werkzeug-Elektrode (102) durch Anlegen einer impulsförmigen Gleichspannung zwischen dem Werkstück (101) und der Elektrode (102), wobei die angelegte Spannung die Form von Impulsgruppen hat, sind die Impulsgruppen aus Einzelimpulsen unterschiedlich großer Stromamplituden ($\uparrow_1, \uparrow_2, \uparrow_3$) zusammengesetzt. Vorzugsweise weisen die zu einer Impulsgruppe gehörenden Strom-Einzelimpulse ansteigende Amplituden auf. Es sind mehrere (a...n) einzeln ansteuerbare Leistungsschaltkreise (1, 2, 11, 12, 13, 15) vorgesehen, welche in Parallelschaltung am Werkstück (101) bzw. an der Werkzeug-Elektrode (102) angeschlossen sind. Die Primärseite (11a) eines zu jedem Leistungsschaltkreis (1, 2, 11, 12, 13, 15) gehörenden Impulsübertragers (11) ist mit einer Einrichtung (21, 23) zur zeitlichen Formung der Impulsgruppen verbunden. Mindestens ein zu jedem Leistungsschaltkreis gehörender gesteuerter Schalter (15) ist an eine zweite Einrichtung (24, 26) zur Formung der Stromimpulsamplituden angeschlossen.

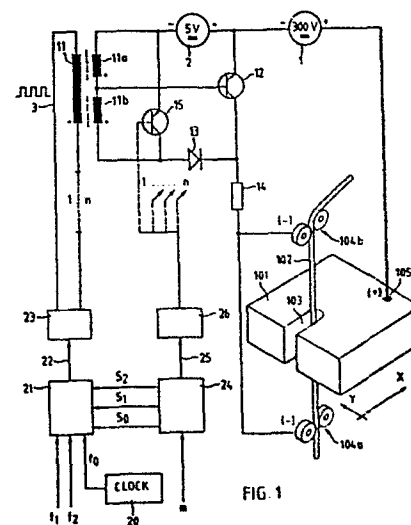


FIG. 1

1

5

VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR
ELEKTROEROSIVEN BEARBEITUNG
VON WERKSTUECKEN

10 Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur elektroerosiven Bearbeitung von Werkstücken, gemäss den Oberbegriffen der Patentansprüche 1 und 7.

Funkenerosive Bearbeitungsverfahren, insbesondere funkenerosive Schneidverfahren beruhen weitgehend auf empirischen
15 Kenntnissen und Hypothesen, da bisher keine schlüssige physikalische Beschreibung der Entladevorgänge im Bearbeitungsspalt vorliegt. Bei den Schneidvorgängen mit einer Draht- oder Bandlektrode wirken sich beispielsweise ausser der
20 Schwerkraft auch Schwingungen erschwerend aus, die aufgrund elektromagnetischer, elektrostatischer sowie mechanischer oder hydraulischer Effekte entstehen können. Im Hinblick auf solche Schwingungen sowie auf die von der Praxis vorwiegend verlangten Schlicht-Arbeitsbedingungen, welche Entladungen
25 sehr kurzer Dauer, nämlich im Mikrosekundenbereich, und Frequenzen im Bereich von ca. 100 kHz bis ca. 500 kHz verlangen, werden an die verwendeten Generatoren besonders hohe Anforderungen gestellt. Trotz der kurzen Entladedauer müssen solche Generatoren Ströme im Bereich um 200 Ampere liefern
30 können. Die zeitliche Steuerung der Entladevorgänge erfolgt bis heute im wesentlichen durch gesteuertes Ein- oder Ausschalten des Generators.

35

1 Bekannte Impulsgeneratoren, z.B. gemäß DE-PS 29 08 696 oder
DE-PS 29 09 073, sehen im Hinblick auf eine möglichst ungestörte
Aufrechterhaltung des Erosionsvorganges vor, den Entladevor-
gang zu unterbrechen, sobald Prozeßentartungen auftreten,
5 oder der Elektrodenverschleiß einen Grenzwert übersteigt. Im
Bemühen, die Energieverteilung einer Entladung zu steuern,
ist es beispielsweise gemäß der CH-PS 495 812 bekannt, ge-
formte Impulse durch additive zeitverschobene Überlagerung
von Impulsen aus einzelnen Arbeitskreisen zu gewinnen. Solche
10 Generatoren sind jedoch nur für Impulse relativ langer Dauer
geeignet.

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, das gattungsgemäße
Verfahren und die gattungsgemäße Vorrichtung hinsichtlich
15 der Einstellbarkeit wählbarer Impulsformen für den Entlade-
strom weiter zu entwickeln.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Gegenstände der
Ansprüche 1 und 7 gelöst.

20 Die Erfindung ermöglicht es, auch für kurze Impulse gewünschte
Formen einstellen zu können. Hinzu kommt der weitere Vorteil,
daß durch Verteilung der für eine Einzelentladung aufgewende-
ten Energie eine Steigerung des spezifischen Abtrags bzw.
25 der Abtragsleistung erreicht und in der Summe aller in dichter
Folge aufeinanderfolgender Entladungen die Schnittgeschwindig-
keit wesentlich gesteigert wird. Ferner wird die Kraftwirkung
auf die Elektrode verbessert, so daß die Prozeßsteuerung
effizienter gestaltet werden kann. Auch läßt sich eine her-
30 vorragende, gleichmäßige Oberflächenqualität des bearbeiteten
Werkstücks trotz hoher Abtragsleistung und damit hoher
Schnittgeschwindigkeit einhalten und der Erosionsvorgang
gut steuern.

1 Im folgenden werden bevorzugte Ausführungsbeispiele der
Erfindung anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 die schematische Blockdarstellung des als Beispiel
5 beschriebenen Generators,

Fig. 2 a) bis d) das schematische Zeitdiagramm für
Impulsfolgen am Generator nach Fig. 1.

10 Fig. 3 ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Impulsfolge
gemäss Fig. 2 c), und

Fig. 4 Oszillogramme eines bevorzugten Ausführungsbeispiels.

15 Gemäss Fig. 1 ist an einem Werkstück 101 mit Hilfe einer
Drahtelektrode 102 ein Bearbeitungspalt 103 geschnitten. Die
Drahtelektrode 102 ist zwischen einem unteren Drahtführungs-
organ 104 a und einem oberen Drahtführungsorgan 104 b ge-
führt. Gesteuert wird der Verlauf der Schnittkurve durch eine
20 schematisch angedeutete X-Y-Koordinatensteuerung, oder durch
eine beliebige andere Steuereinrichtung, vorzugsweise eine
NC-Steuerung.

An einer Anschlussstelle 105 des Werkstücks 101 ist der
25 Pluspol + des Impulsgenerators angeschlossen, während der
Minuspole - im Bereich der oberen und unteren Drahtführungen
104 a bzw. 104 b an die Drahtelektrode geführt ist.

Der Impulsgenerator enthält eine Basisstromquelle 1, eine
30 Spannungsquelle 2, sowie einen Impulsübertrager 11, an dessen
Primärseite (11a) Steuersignale 3 angelegt werden und dessen Sekun-
därseiten 11 b und 11 c mit elektronischen Schaltern, bei-
spielsweise mit Schalttransistoren 12 bzw. 15 sowie mit einer
Diode 13 in Verbindung stehen. Ueber einen Strombegrenzungs-
35 widerstand 14 erfolgt der Anschluss des Impulsgenerators an
die Drahtelektrode 102.

- 1 Vorgegeben durch die Spannungsquelle 2 liegt an der Basis-Emitter-Strecke des Schalttransistors 12 eine definierte Gleichspannung von beispielsweise 5 Volt, so dass der Schalttransistor 12 dadurch gesperrt ist. Durch Ansteuerung der Primärseite 11a des
- 5 Impulsübertragers 11 mit Steuersignalen 3, die im Beispiel aus einer Impulsfolge bestehen, werden in den beiden Sekundärwicklungen 11 b und 11 c des Impulsübertragers 11 entsprechende sekundäre Steuerspannungen erzeugt. Durch die an der Sekundärwicklung 11 b entstehende Steuerspannung wird der
- 10 Schalttransistor 12 geöffnet, während die in der zweiten Sekundärwicklung 11 c erzeugte Steuerspannung zusätzlich über die Diode 13 ein schnelles Durchschalten des Schalttransistors 12 bewirkt.
- 15 Der Impulsübertrager 11 ist so bemessen und geschaltet, dass er bei diesen Vorgängen immer im ungesättigten Bereich arbeitet. Damit wird im Moment des Abschaltens der Steuersignale 3 durch Wirkung der Spannungsquelle 2 der Schalttransistor 12 besonders schnell wieder in den Sperrzustand gebracht. Der
- 20 zweite Schalttransistor 15 dient zum Kurzschliessen der beiden Sekundärseiten 11 b und 11 c des Impulsübertragers 11, um damit jede weitere Schaltwirkung am Schalttransistor 12 zu blockieren.
- 25 In der praktischen Ausführung sind mehrere (a...n) solcher Leistungsschaltkreise, bestehend aus dem Impulsübertrager 11, den gesteuerten Schaltern, hier den Schalttransistoren 12 und 15, der Basisstromquelle 1, der Spannungsquelle 2 sowie der Diode 13 parallel geschaltet, welche alle durch entsprechende Steuersignale 3 auf die im
- 30 folgenden beschriebene Weise angesteuert werden.

Zur Ansteuerung der oben beschriebenen Leistungsschaltkreise wird von einem hochfrequenten Taktgenerator 20 ein impulsförmiger Grundtakt mit einer Impulsfolgefrequenz von beispielsweise 5 MHz über eine Taktleitung (f_0) an einen Impulsauswerter 21

35 geliefert. Eine solche Impulsfolge ist beispielsweise in Fig. 2a) dargestellt.

- 5 -

stellt. Der Impulsauswerter 21, der grundsätzlich als Zähl-
schaltung aufgebaut sein kann, läßt unter dem Einfluß von
Steuersignalen auf Steuersignalleitungen f_1 und f_2 eine definierte Zahl von Taktimpulsen als Basis für eine weitere
Impulsformung insbesondere zu einem Zeitmuster zu, wie dies
beispielsweise in Fig. 2b dargestellt ist. Gemäß diesem Beispiel werden während einer Einschaltdauer T, ON , welche durch das Steuersignal auf der Steuersignalleitung f_1 bestimmt ist, die auf der Taktleitung f_0 ankommenden Impulse mit der Grundfrequenz gemäß Fig. 2a) zur Weiterformung zum Zeitmuster zugelassen. Darauf folgt eine Pause T, OFF , deren Dauer durch das Steuersignal auf Leitung f_2 bestimmt ist. Zu Beginn einer Periode T, ON wird vom Impulsauswerter 21 ein Synchronisierungssteuersignal S_0 an einen Impulsform-Speicher 24, z.B. einen EPROM, gegeben. Dieses Synchronisationssignal verursacht ein Speicher-RESET und veranlaßt den Abruf eines bestimmten gespeicherten zeitlichen Impulsformprogramms zum Aufbau des Zeitmusters. Im Impulsformspeicher 24 ist eine gewisse Anzahl derartiger Programme abgespeichert. Die Auswahl des Programms erfolgt mit Hilfe eines Auswahl-Steuersignals m , welches von einem an die Einrichtung angeschlossenen, nicht dargestellten Steuer- oder Servosystem geliefert wird. Über Steuerleitungen S_1 und S_2 wird der Impulsauswerter 21 entsprechend der ausgewählten Impulsform geschaltet. In Fig. 2 c) ist ein Beispiel eines solchen Impulsform-Zeitmusters gezeigt. Im Beispiel werden $S_1 = 3$ Zeittakte zur Formung eines Einzelimpulses und $S_2 = 1$ Zeittakt zur Formung eines Impulsintervalls verwendet. Das so zeitlich geformte Impulssignal wird über die Ausgangsleitung 22 des Impulsauswerter 21 einer verstärkenden Einheit 23 zugeführt.

30

Zur weiteren Impulsformung bezüglich der Amplitude sind im Impulsform-Speicher 24 verschiedene Muster für den Amplitudenverlauf von Impulsgruppen abgespeichert. Vorzugsweise sind diese Amplitudenmuster mit den zeitlichen Mustern im Impulsform-Speicher 24 verknüpft, so daß sie mit dem gleichen Steuersignal m abrufbar sind. Dies bedeutet, daß der Impulsformspeicher 24 aufgrund eines S_0 -Steuersignals nach dem RESET ein Amplituden-

1 muster für die Stromamplituden auf die Ausgangsleitung 25
abgibt, wobei das Amplitudenmuster als Funktion der zeit-
lichen Impulsformsignale auf den Leitungen S1 und S2 er-
scheint. Dieses Amplitudenmuster wird in einem Verstärker 26
5 verstärkt und den zweiten elektronischen Schaltern 15 der
parallel zueinander liegenden Leistungsschaltkreise zuge-
führt. Dabei wird eine solche Anzahl (a...n) von Leistungsschaltkreisen ange-
steuert, dass die daraus entstehende Summe von Impulsströmen
bezüglich ihrer Amplituden dem gewünschten Amplitudenmuster
10 entspricht. In Fig. 2 d) ist als Beispiel ein solches Strom-
amplitudenmuster dargestellt, in welchem der zweite Impuls
die doppelte Amplitude des ersten Impulses und der dritte
Impuls die vierfache Amplitude des ersten Impulses aufweisen.

15 Vorzugsweise lässt sich die Auswahl der an der Impulsformung
beteiligten parallel liegenden Leistungsschaltkreise durch ent-
sprechende Steuerung über die Leitung 25 derart gestalten, daß
nach Art der Permutation die Einschaltphasen auf alle vorhan-
denen Leistungsschaltkreise möglichst gleichmäßig verteilt werden.

20 Damit wird eine gleichmässige thermische Belastung der betei-
ligten Leistungsschaltkreise erreicht. Die Zahl dieser Schaltkreise ist
daher vorzugsweise so gewählt, dass sie grösser ist als die
zur Erzeugung eines Impulsmusters maximal erforderliche
Anzahl.

25 In Abweichung von dem gezeigten Beispiel nach Fig. 2 c)
können die zu einem Impulszug gehörenden Einzelimpulse auch
unterschiedlich breit sein, wie dies in Fig. 3 angedeutet
ist. Auch die Pausen zwischen den zu einem Impulszug gehören-
30 den Einzelimpulsen können unterschiedlich gewählt sein.
Schliesslich können auch die Intervalle T,OFF zwischen ein-
zelnen Impulsgruppen variieren, sofern dies für das gewünsch-
te Schneidverhalten je nach der geforderten Anwendung vor-
teilhaft ist.

- 7 -

- 1 In Fig. 4 a) ist ein Spannungssoszillogramm und in Fig. 4 b)
ein Stromoszillogramm einer aus jeweils vier Einzelimpulsen
bestehenden Entladung am Bearbeitungsspalt 103 gemäss Fig. 1
dargestellt. Gemäss dem bevorzugten Beispiel (Anwendung zum
5 Schneiden von Stahl) besteht die Stromimpulsfolge aus etwa
dreieckförmigen, in der Amplitude ansteigenden Einzelimpulsen
mit dazwischen liegenden etwa gleich langen Pausen. Der Span-
nungsverlauf nach Fig. 4 a) zeigt das Bild mehrerer überein-
10 andergeschriebener Spannungskurven, also für mehrere aufein-
anderfolgende Entladungsvorgänge. Dabei zeigt sich für den
ersten Impuls eine gewisse Leerlaufhäufigkeit, die jedoch für
den zweiten und den dritten Impuls nicht mehr auftritt. Dies
zeigt an, dass nicht alle Erstimpulse aufeinanderfolgender
Entladungen mit absoluter Sicherheit zu einer Zündung führen.
15 Dagegen treten bei den folgenden Impulsen keine Leerlaufspan-
nungssignale mehr auf, woraus die hohe Wirksamkeit der Entla-
dungen sichtbar ist. Die Entladungen finden alle in einem
einzigen Entladekanal statt. Damit muss kein neuer Ionisa-
tionsstart mit hoher Zündspannung erfolgen.
- 20 Praktische Versuche haben erwiesen, dass sich mit solchen
Impulsfolgen eine nennenswerte Steigerung der spezifischen
Abtragsrate erzielen lässt. Dies kann damit erklärt werden,
dass der erste Startimpuls, auch wenn er nicht zu einer
25 Entladung führt, durch die Wirkung der von ihm ausgehenden
elektromagnetischen Kräfte die Drahtelektrode im Bearbei-
tungsspalt in eine günstige Position zentriert. Dadurch
können sich die folgenden Entladungen besonders wirksam aus-
bilden. Die Einzelimpulse einer Entladung bewirken dabei
30 einen örtlich stark konzentrierten Abtrag, aufgrund ihrer
zunehmenden Stromstärke aber auch zunehmende Abstosskräfte,
die gegen die Massenkkräfte des Drahtes wirken. In den Impuls-
pausen, in denen der Strom jedoch nicht unbedingt auf den
Wert Null absinken muss, gehen die genannten Abstosskräfte
35 kurzzeitig zurück, wodurch sich eine präzisere Führung des
Drahtes ergibt. Ausserdem entsteht in den Impulspausen durch

1 die Stromabsenkung ein Druckverlust im Entladekanal, der den
Auswurf des abgetragenen Materials begünstigt. Der darauffol-
gende Impuls trifft dann eine saubere und bezüglich der
elektrischen Bedingungen gleichmässige Werkstückoberfläche
5 an. Schliesslich kann wegen der so verbesserten Bedingungen
und wegen der erhöhten Stromstärke auch noch über grössere
Oberflächendistanzen einwandfrei abgetragen werden.

10

15

20

25

30

35

1

P A T E N T A N S P R Ü C H E

5

1. Verfahren zum elektroerosiven Bearbeiten eines Werkstücks (101) mit Hilfe einer Werkzeug-Elektrode (102) durch Anlegen einer impulsförmigen Gleichspannung zwischen dem Werkstück (101) und der Elektrode (102),
10 wobei zwischen dem Werkstück (101) und der Elektrode (102) eine entsprechend einer gewünschten Schnittkurve geführte Bahnsteuerung vorgenommen wird und wobei die angelegte Spannung die Form von Impulsgruppen hat, von denen jede einen Entladevorgang in dem zwischen dem Werkstück (101) und der Elektrode (102) liegenden Bearbeitungspalt (103)
15 zur Folge hat,

dadurch gekennzeichnet,
daß die Impulsgruppen aus Einzelimpulsen unterschiedlich großer Stromamplituden ($\hat{i}_1, \hat{i}_2, \hat{i}_3$) aufgebaut werden.

20

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß aus einer Takt-Impulsfolge (Fig. 2a) zeitlich geformte Impulsgruppenmuster (Fig. 2c; 3) gewonnen und durch gesteuertes Parallelschalten mehrerer Leistungsschaltkreise
25 (1, 2, 11, 12, 13, 15) zu einem gewünschten Amplitudenmuster einander überlagert werden.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die an der Impulsformung beteiligten parallel liegenden Leistungsschaltkreise (1, 2, 11, 12, 13, 15) derart ausgewählt werden, daß nach Art der Permutation die Einschaltphasen auf alle vorhandenen Leistungsschaltkreise (1, 2, 11, 12, 13, 15) möglichst gleichmäßig verteilt werden.

35

1

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Zahl (a...n) der Leistungsschaltkreise (1, 2, 11, 12, 13, 15) größer gewählt wird als die zur Erzeugung eines Impulsmusters maximal erforderliche Anzahl.

5

5. Verfahren nach wenigstens einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Impulsgruppen aus Strom-Einzelimpulsen ansteigender Amplituden aufgebaut werden.

10

6. Verfahren nach wenigstens einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Impulsgruppen aus Einzelimpulsen unterschiedlicher Impulsbreite aufgebaut werden.

15

7. Verfahren zum elektroerosiven Bearbeiten eines Werkstücks (101) mit Hilfe einer Werkzeug-Elektrode (102) durch Anlegen einer impulsförmigen Gleichspannung zwischen dem Werkstück (101) und der Elektrode (102), wobei zwischen dem Werkstück (101) und der Elektrode (102) ein entsprechend einer gewünschten Schnittkurve geführte Bahnsteuerung vorgenommen wird und die angelegte Spannung die Form von Impulsgruppen hat, von denen jede einen Entladevorgang in den zwischen dem Werkstück (101) und der Elektrode (102) liegenden Bearbeitungsspalt (103) zur Folge hat, insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1,

20

25

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

daß mehrere (a...n) einzeln ansteuerbare Leistungsschaltkreise (1, 2, 11, 12, 13, 15) vorgesehen sind, welche in Parallelschaltung am Werkstück (101) bzw. an der Werkzeugelektrode (102) angeschlossen sind, daß die Primärseite (11a) eines zu jedem Leistungsschaltkreis (1, 2, 11, 12, 13, 15) gehörenden Impulsübertragers (11) mit einer ersten Einrichtung (20, 21, 23, 24, f_1 , f_2) zur zeitlichen

30

35

- 1 Formung der Impulsgruppen verbunden ist und daß mindestens
ein zu jedem Leistungsschaltkreis (1, 2, 11, 12, 13, 15)
gehörender gesteuerter Schalter (15) an eine zweite Ein-
5 richtung (24, 26) zur Formung der Stromimpulsamplituden
angeschlossen ist, wobei die erste und die zweite Einrich-
tung (20, 21, 23, 24, 26, f_1 , f_2) einen Impulsformspeicher
(24) aufweisen.
- 10 8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet,
daß der Impulsübertrager (11) derart ausgelegt ist, daß er
im ungesättigten Bereich arbeitet, und daß der Schalter
(15) als Kurzschlußschalter für zwei Sekundärwicklungen
(11b, 11c) des Impulsübertragers (11) geschaltet ist.
- 15 9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeich-
net, daß die Sekundärwicklungen (11b, 11c) des Impulsüber-
tragers (11) in gleichem Wicklungssinn in Reihe geschaltet
sind, daß über einer Steuerspannungsquelle (2) und eine
20 Diode (13) ein zweiter gesteuerter Schalter (12) dem
ersten Schalter (15) parallel geschaltet ist, wobei der
Steuereingang des zweiten Schalters (12) mit der Mittel-
anzapfung der Sekundärwicklungen (11b, 11c) des Impuls-
übertragers (11) verbunden ist.
- 25 10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet,
daß der zweite Schalter (12) derart geschaltet ist, daß
er bei Abschalten der der Primärwicklung (11a) des Impuls-
übertragers (11) zugeführten zeitgeformten Signale (3)
30 unmittelbar in den Sperrzustand übergeht.
11. Vorrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche
7 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Impulsformspeicher
(24) zur Aufnahme mehrerer unterschiedlicher Strom-
35 Amplitudenmuster ausgelegt und zur Ausgabe dieser Muster
und musterkonformen Ansteuerung der Leistungsschaltkreise
(1, 2, 11, 12, 13, 15) über eine Steuerleitung (m) an-

1 steuerbar ist.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet,
5 daß der Impulsformspeicher (24) zur Aufnahme von mit den
Strom-Amplitudenmustern verknüpften Zeit-Formmustern zur
Formung der Impulsgruppen und Zuführung dieser Zeit-Form-
muster an einen Impulsauswerter (21), der ausgangsseitig
mit der Primärseite (11a) des Impulsübertragers (11) in
10 Verbindung steht, ausgelegt ist.

15

20

25

30

35

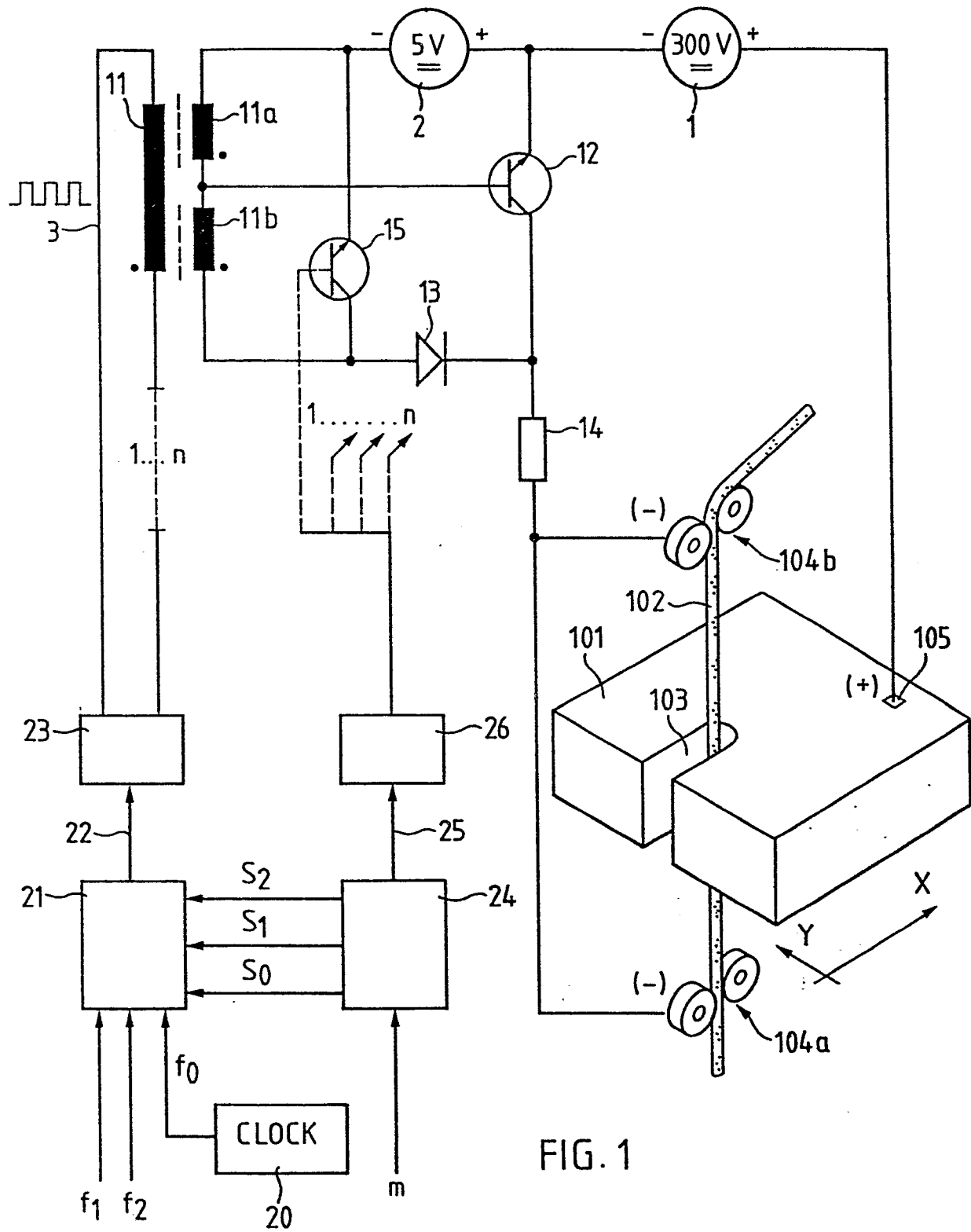


FIG. 1

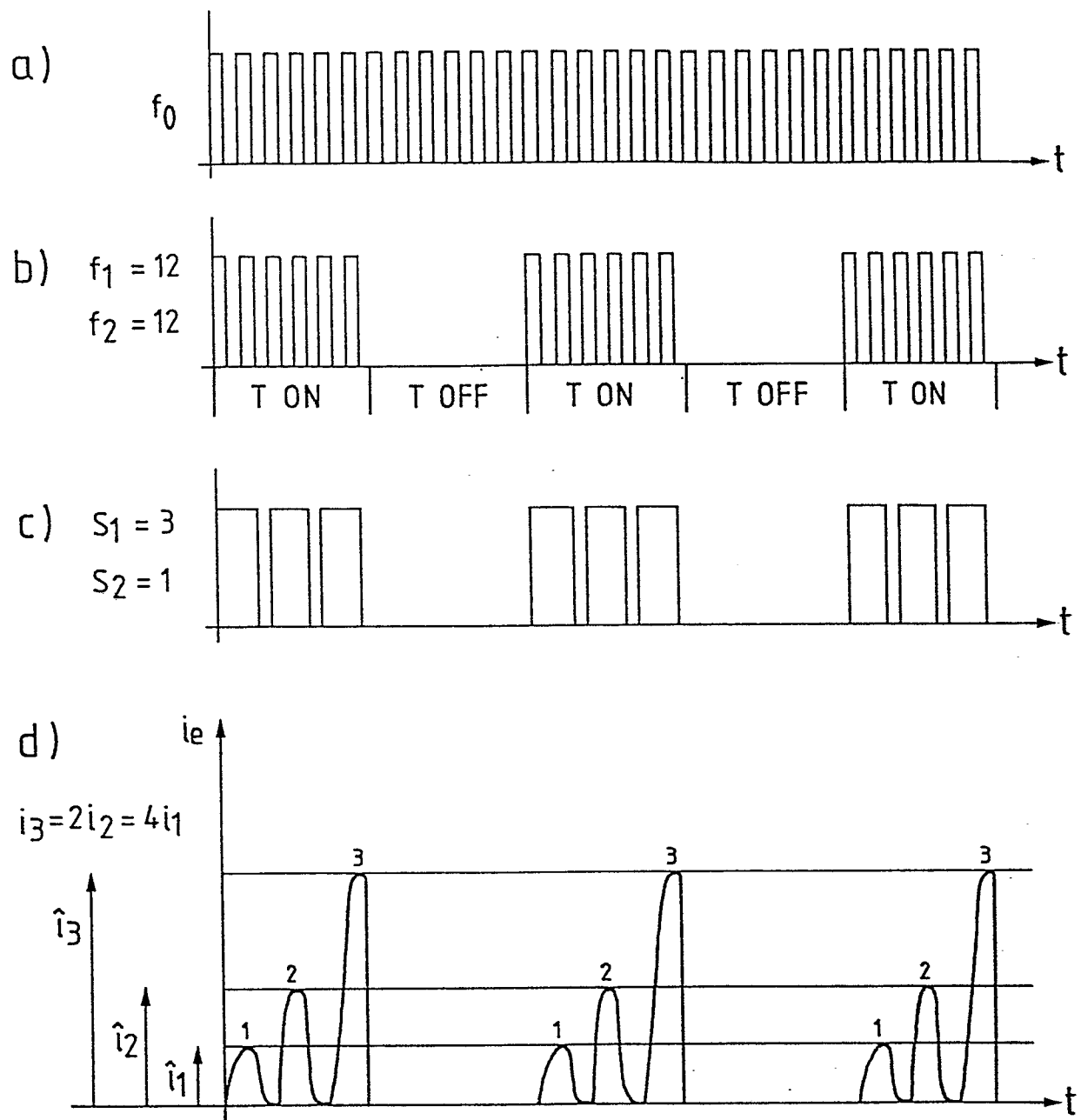


FIG. 2

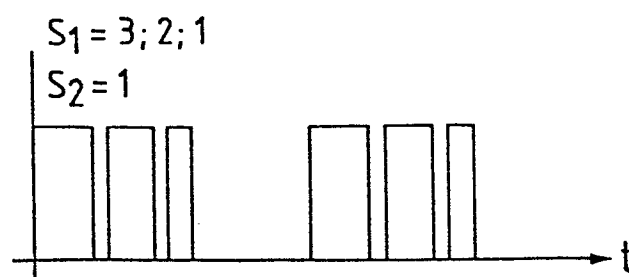


FIG. 3

FIG. 4a

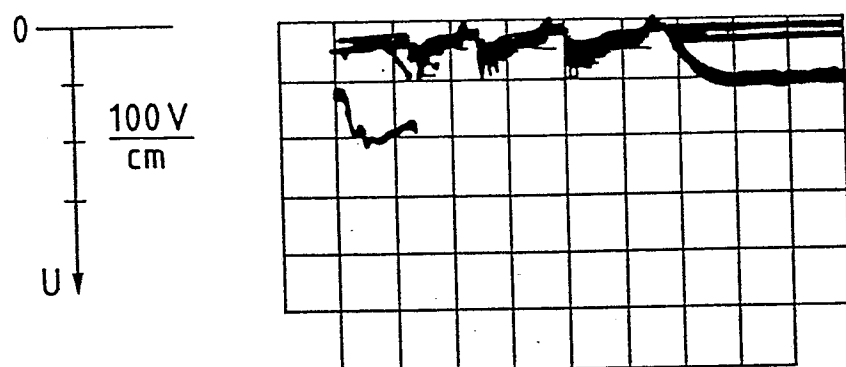


FIG. 4b

